

## 明 細 書

### 力覚提示方法、装置およびプログラム

#### 技術分野

- [0001] 本発明は、噴出空気等に受容体をかざすことによりその受容体に力を与えて操作者に力覚提示を行う力覚提示技術に関するものである。

#### 背景技術

- [0002] 従来から、VR(バーチャルリアリティ)技術における力覚提示方法として、噴出した空気を受容体で受けとめて操作者に力として提示する方法がある。その方法を適用した装置の一例として、図19に示す装置がある。図19に示す装置は、上向きに噴出空気601を噴出する複数の噴出口602を面上に配置した噴出部6を有している。噴出口602が並ぶ面の上方を移動する受容体1'の位置に応じて受容体1'直下やその周辺の噴出口602から噴出する噴出空気601を制御する(例えば、非特許文献1、特許文献1～3参照)。

- [0003] この場合、受容体1'は平面型や半球等の凹型の形状(図19では半球型)であり、噴出空気601を受けることで、受容体1'自身を把持する操作者7もしくは受容体1'を取り付けた物を把持する操作者7に、噴出方向である上方向への力を提示する。

特許文献1:特開2001-22499号公報

特許文献2:特開2003-256105号公報

特許文献3:特開2004-157677号公報

非特許文献1:鈴木、小林 著、「風圧によるUntethered力覚提示インターフェース:3次元オブジェクトの表現」、電子情報通信学会技術研究報告、電子情報通信学会マルチメディア・仮想環境基礎研究会(MVE)、2003年7月、第103巻、第209号71-76頁

#### 発明の開示

#### 発明が解決しようとする課題

- [0004] しかしながら、この方法では操作者7に感じさせる提示力の方向は空気の噴出方向のみであった。上方向以外の方向への力を提示するには、その方向へ空気を噴出

する噴出口を用意する方法が考えられる。しかし、この方法では装置が大掛かりになることに加えて、横方向の噴出口を左右に設置することで操作者7が手や腕を左右に動かしにくくなる。すなわち、その噴出口が操作者7の動きを妨げる可能性がある。

- [0005] 本発明の目的は、簡単な構成により、操作者に負担をかけることなく、空気等の噴出方向に対して横方向の成分を含んだ方向の力覚を操作者に提示できるようにした力覚提示技術を提供することである。

#### 課題を解決するための手段

- [0006] 上記の目的は、受容体の位置又は向きに応じて気体又は液体を噴出手段の噴出口から噴出させ該受容体に当てることにより該受容体を介して操作者に力覚を提示する力覚提示方法であって、

前記受容体に中心部から外側に向けて前記受容体の軸線に対して傾斜した形状をなす傾斜側面部を設け、該傾斜側面部に対して前記気体又は液体を噴出することにより、前記受容体に対して、前記気体又は液体の噴出方向に垂直な方向の成分を含んだ力を与えることを特徴とする力覚提示方法により達成できる。

- [0007] また、本発明は、受容体の位置又は向きに応じて気体又は液体を噴出手段の噴出口から噴出させ該受容体に当てることにより該受容体を介して操作者に力覚を提示する力覚提示方法において用いられる力覚提示装置であって、

前記力覚提示装置は、前記力覚提示装置に接続された受容体計測手段によって計測された前記受容体の位置又は向きに応じて前記噴出手段の噴出口から噴出する前記気体又は液体の噴出量又は噴出方向を制御する噴出制御手段を備え、

前記受容体は、中心部から外側に向けて前記受容体の軸線に対して傾斜した形状をなす傾斜側面部を有し、前記気体又は液体の噴出方向に垂直な方向の成分を含んだ力を前記受容体に与えるために、前記噴出制御手段は、前記傾斜側面部に対して前記気体又は液体を噴出するよう前記噴出手段を制御することを特徴とする力覚提示装置として構成することもできる。

- [0008] 前記力覚提示装置において、前記受容体に前記傾斜側面部の位置又は向きを変化する変形機構を備え、且つ該変形機構を前記受容体計測手段によって計測された前記受容体の位置又は向きに応じて制御する受容体側面部制御手段を備えても

よい。

また、前記力覚提示装置は、前記受容体計測手段によって計測された前記受容体の位置又は向きに応じて仮想空間内の仮想オブジェクトの状態を算出するとともに、該算出結果に基づき前記仮想オブジェクトを含む前記仮想空間を仮想空間表示手段に表示させる仮想オブジェクト算出手段を備えてもよい。

[0009] また、前記力覚提示装置において、前記噴出手段は平面上に複数の噴出口を配した構造を持ち、前記受容体が当該平面上の所定の高さの位置にある場合に、前記気体又は液体の噴出方向に垂直な方向の成分を含んだ力を前記受容体に与えるために、前記噴出制御手段は、前記受容体の傾斜側面部内縁と傾斜側面部外縁との間に位置し、かつ、噴出口から前記受容体の中心に向かう方向と前記受容体に与えようとする力の方向との角度差が所定の値以下となる噴出口を選択し、選択された噴出口から前記気体又は液体を噴出させるように構成してもよい。

[0010] また、本発明は、コンピュータを上記前記力覚提示装置における各手段として機能させるためのプログラムとして構成することもできる。

#### 発明の効果

[0011] 本発明によれば、噴出手段として一方向にのみ気体又は液体を噴出する簡単な構成で、しかも操作者に負担をかけることなく、噴出方向に対して垂直な方向(横方向)の成分を含んだ力を提示することができる。

[0012] また、噴出する気体又は液体の噴出方向に対して受容体の位置や傾きが変化した場合にも、傾斜側面部の変形機構によって傾斜側面部を制御することで、提示する力の方向を制御することができる。また、噴出制御手段が、気体又は液体を噴出する噴出口を適正に選択することにより、傾斜側面部に対して気体又は液体を噴出することができる。更に、本発明によれば、受容体の位置又は向きに応じて仮想空間内の仮想オブジェクトを変化させることができる。

#### 図面の簡単な説明

[0013] [図1]実施例1の力覚提示装置の構成図である。

[図2]実施例1の力覚提示装置の受容体と噴出部と操作者との関係の説明図である。

[図3]実施例1の力覚提示装置の操作処理のフローチャートである。

[図4A]実施例1の受容体の断面図(1)である。

[図4B]実施例1の受容体の断面図(2)である。

[図4C]実施例1の受容体の断面図(3)である。

[図4D]実施例1の受容体を下から見た図である。

[図4E]実施例1の別の例の受容体を下から見た図である。

[図5A]実施例1の受容体に対する噴出空気の吹き付けの説明図(1)である。

[図5B]実施例1の受容体に対する噴出空気の吹き付けの説明図(2)である。

[図5C]実施例1の受容体に対する噴出空気の吹き付けの説明図(3)である。

[図5D]実施例1の受容体に対する噴出空気の吹き付けの説明図(4)である。

[図6]噴出空気が傾斜側面部に衝突した場合に発生する力を説明するための図である。

[図7]噴出空気が曲面形状の傾斜面からなる傾斜側面部に衝突した場合に発生する力を説明するための図である。

[図8A]傾斜側面部の傾斜面を円筒形状の一部にした受容体を下から見た図である。

[図8B]傾斜側面部の傾斜面を円筒形状の一部にした受容体を斜めから見た図である。

[図8C]傾斜側面部の傾斜面を円筒形状の一部にした受容体の縦断面図である。

[図9A]傾斜側面部の傾斜面を、xy平面に平行な断面における形状が噴出口のxy平面上の位置に対して凹形の曲線となるような曲面形状とした受容体を下から見た図である。

[図9B]傾斜側面部の傾斜面を、xy平面に平行な断面における形状が噴出口のxy平面上の位置に対して凹形の曲線となるような曲面形状とした受容体を斜めから見た図である。

[図9C]傾斜側面部の傾斜面を、xy平面に平行な断面における形状が噴出口のxy平面上の位置に対して凹形の曲線となるような曲面形状とした受容体の縦断面図である。

[図10A]実施例1の受容体に対する噴出空気の吹き付けの説明図(5)である。

[図10B]実施例1の受容体に対する噴出空気の吹き付けの説明図(6)である。

[図11]平面に複数の噴出口を有する噴出部と、傾斜側面部を受容体の中央部の周囲全部に設けた受容体とを、上部から見下ろした図である。

[図12]受容体の断面図である。

[図13] $V_f$ と $V_{PN}$ とのなす角 $\theta_{ij}$ を説明するための図である。

[図14A]傾斜側面部の傾斜面を円筒形状の一部にした受容体が操作者に提示する力を説明するための図である。

[図14B]傾斜側面部102の傾斜面をxy平面に平行な断面における形状が噴出口のxy平面上の位置に対して凹形の曲線となるような曲面形状にした受容体が操作者に提示する力を説明するための図である。

[図15]実施例2の力覚提示装置の構成図である。

[図16]実施例2の力覚提示装置の操作処理のフローチャートである。

[図17A]実施例2の受容体の説明図(1)である。

[図17B]実施例2の受容体の説明図(2)である。

[図17C]実施例2の受容体の説明図(3)である。

[図18A]実施例2の受容体の姿勢制御の説明図(1)である。

[図18B]実施例2の受容体の姿勢制御の説明図(2)である。

[図19]従来例の力覚提示装置の受容体と噴出手段と操作者との関係の説明図である。

#### 符号の説明

- [0014] 1:受容体、101:中央部、102:傾斜側面部、102a、102b:羽根  
2:受容体計測部  
3:仮想オブジェクト算出部  
4:仮想空間表示部  
5:噴出制御部  
6:噴出部、601:噴出空気、602:噴出口  
7:操作者

## 8:受容体側面部制御部

### 発明を実施するための最良の形態

- [0015] 本実施例では、平面型もしくは凹型の受容体で噴出空気を受け取り噴出方向への力として提示する従来方式と異なり、噴出方向に対して垂直な方向(横方向)の成分を含んだ力を提示する。噴出方向に対して垂直な方向(横方向)の成分を含んだ力を提示することを実現するために、受容体に、その側面の外側に噴出空気を逃がすような傾斜面や円弧に湾曲した面をもつ傾斜側面部を具備させ、その傾斜側面部に噴出空気を当てるように噴出部を制御する。本実施例では、空気の噴出方向に対して垂直な方向(横方向)の成分を含んだ力を提示できるので、空気の噴出を、横方向から物体に接触するような映像に連動させることで、操作者に横方向から何かが接触したように感じさせることができる。この方法によれば、一方向に噴出する噴出部だけを使用しながらも、噴出方向に加えその噴出方向と垂直な方向(横方向)への力を提示することができる。なお、本実施例で説明する技術は、例えばアミューズメントの分野に適用することが可能である。

### 実施例 1

- [0016] 図1に実施例1の力覚提示装置の構成を示すブロック図を示す。図2にその力覚提示装置の操作者と噴出部との関係の説明図を示す。図3にその力覚提示装置の処理のフローチャートを示す。
- [0017] 図1に示すように、本実施例の力覚提示装置は、仮想オブジェクト算出部3及び噴出制御部5を有している。また、噴出部6が噴出制御部5に接続され、受容体1の位置と向きを計測する受容体計測部2が仮想オブジェクト算出部3と噴出制御部5に接続され、仮想空間表示部4が仮想オブジェクト算出部3に接続されている。以下、図1に示す各要素について詳細に説明する。説明の中で適宜図2を参照する。
- [0018] 図2に示すように、受容体1は、噴出部6の噴出口602から噴出される噴出空気601を受け止める。なお、噴出口602から噴出されるものとして、空気以外の気体、液体等も使用可能であるが、本実施例では空気を使用する例について説明する。操作者7はこの受容体1を把持する。操作者7は、受容体1を棒等の先端等にとりつけたその棒等の物体を手で把持してもよい。更に、操作者7は、操作者7の手や身体、衣服に受

容体1を取り付けることとしてもよい。受容体1を介して、操作者7は力覚の提示を受ける。

[0019] 図2に示すように、この受容体1は、噴出空気601を受け止めて噴出方向への力を操作者7に伝える中央部101と、その噴出方向に対して垂直な方向(横方向)の成分を含んだ力を操作者7に伝える傾斜側面部102を有する。傾斜側面部102は1つのものとして構成してもよいし、2つ以上に分割された部分からなるものとして構成してもよい。

[0020] この傾斜側面部102は、受容体1の中心部から外側に向けて受容体1の軸線に対して傾斜した形状である。なお、受容体1の軸線とは、受容体1の正規姿勢時に噴出空気601の噴出方向に沿った線である。すなわち、噴出方向が水平面に対して垂直であれば、受容体1の軸線は、受容体1を当該水平面に置いた場合におけるその水平面に垂直な線である。傾斜側面部102に噴出空気601が当てられると、空気は噴出方向に対して垂直な方向(横方向)の成分を伴って流される。空気の流れを変えることによって噴出方向に対して垂直な方向(横方向)の成分を含んだ力が反動として生じ、その力が操作者7に伝えられる。傾斜側面部102の具体的な形状としては、後記するように、例えば、傾斜面や、円弧に湾曲した曲面とすることができる。

[0021] 受容体計測部2は、受容体1の位置及び向きを常時検出するように構成された装置である。受容体計測部2として、カメラ、磁気センサ、超音波センサ、赤外線センサ、予め付けたマークを映像解析して検出する検出手段等を使用できる。

[0022] 仮想オブジェクト算出部3は、コンピュータにより実現されるものであり、受容体計測部2で計測された受容体1の位置あるいは向きに応じて、仮想空間表示部4で表示される仮想オブジェクトの状態(位置、形状、色等)を算出する。例えば、仮想オブジェクト算出部3は、検出された受容体1の位置と連動して動く仮想オブジェクトを生成する。仮想オブジェクト算出部3は、検出した受容体1の位置あるいは向き、又は別の仮想オブジェクトの状態に応じた仮想オブジェクトを算出して生成するように構成してもよい。

[0023] 仮想空間表示部4は、仮想オブジェクト算出部3の算出結果に基づき、仮想オブジェクトを含む仮想空間を表示する手段であり、例えばプロジェクタを用いて実現できる

- [0024] 噴出制御部5は、受容体計測部2により計測された受容体1の位置もしくは向きに応じて、又は仮想空間内の所定の仮想オブジェクトの状態に応じて、噴出部6の噴出口602の空気噴出位置及び噴出空気601の噴出量を制御する。また、噴出口602の噴出方向は可変とすることもでき、その場合、噴出量とともに噴出方向も制御する。例えば、操作者に力覚を提示できるように、受容体1の位置及び向きに応じて、空気を噴出させる特定の噴出口602を決定し、その噴出口602から噴出される空気の噴出量及び噴出方向を決定する。また、仮想オブジェクトの状態は、受容体1の位置あるいは向きに関係なく別の要因で決定される場合があるので、その仮想オブジェクトの状態に応じて特定の噴出口602から噴出される空気の噴出量を決定する。この噴出制御部5はコンピュータによって実現できる。
- [0025] 噴出部6は、噴出制御部5からの制御に応じて、噴出空気601を噴出する。この噴出部6の具体例としては、上方向に空気が噴出する1つ以上の噴出口602を机等の水平面上に2次元に並べた装置がある。
- [0026] 本実施例の力覚提示装置における仮想オブジェクト算出部3及び噴出制御部5は、これらの機能部の処理をコンピュータに実行させるプログラムをコンピュータに搭載することにより実現することが可能である。そのプログラムはCD-ROM等の記録媒体に記録して提供することもできるし、ネットワークを通じて提供することもできる。
- [0027] 図3のフローチャートを参照して図1に示す力覚提示装置の動作を説明する。受容体計測部2が、操作者7に把持された、又は操作者7に取り付けられた受容体1の位置又は向きを検出する(ステップ11)。
- [0028] 仮想オブジェクト算出部3は、受容体計測部2により計測された受容体1の位置又は向きに応じて、仮想空間内の仮想オブジェクトの状態(位置、形状など)を算出する(ステップ12)。例えば、受容体1が仮想オブジェクトを押下げるように移動した場合に、仮想オブジェクトの該当部分が凹むように仮想オブジェクトの状態を算出する。
- [0029] 仮想空間表示部4は、仮想オブジェクト算出部3による算出結果に基づき、その仮想オブジェクトを含む仮想空間を表示する(ステップ13)。仮想空間は別の仮想オブジェクトを含んでもよい。



- [0030] また、噴出制御部5は、受容体計測部2によって計測された受容体1の位置あるいは向き、又は仮想空間6内の仮想オブジェクトの状態に応じて、受容体1の中央部101又は傾斜側面部102に空気を噴出するよう、噴出部6において空気を噴出する噴出口602及び噴出量を決定し、噴出部6に制御信号を送信する(ステップ14)。例えば、操作者が仮想オブジェクトを真下に押す操作をしたことに応じて受容体1に垂直上方の力を与えるために、受容体1の真下にある噴出口602から、仮想オブジェクトの硬さ等に応じて決定した量の空気を噴出するように制御を行う。
- [0031] そして、噴出制御部5による制御信号に基づき噴出部6が特定の噴出口602から空気を噴出する(ステップ15)。そして、イベント処理を再度実行する場合にはステップ11に戻り、再度実行しない場合は処理を終了する(ステップ16)。
- [0032] 上記の処理において、ステップ12～13の処理、ステップ14～15の処理は、必ずしもこの順番で行う必要はない。例えば、ステップ11の処理の後、ステップ12～13の処理とステップ14～15の処理とを並行して行ってもよい。
- [0033] (受容体1について)  
次に、受容体1について詳細に説明する。
- [0034] 本実施例の受容体1は、例えば、平面形状や半球などの凹形状の中央部101の外側(周囲)に、円弧に湾曲した曲面、もしくは傾斜面をもつ傾斜側面部102を具備させた構成を有している。
- [0035] 図4A～4Cに受容体1の一例の断面を示す。図4Aは、中央部101として中心に半球の凹形状の部分进行形成し、傾斜側面部102として円弧形に湾曲した曲面部を設けた受容体1を示す。図4Bは、中央部101として中心に半球の凹形状の部分进行形成し、傾斜側面部102として傾斜面を設けた受容体1を示す。
- [0036] 図4A、Bに示すように、傾斜側面部102を円弧形状もしくはそれに近い形状又は傾斜面とすれば、下方から流れ込んだ空気がその傾斜側面部102で向きを変更して、噴出方向に対して垂直な方向(横方向)の成分を伴って流される。
- [0037] このような傾斜側面部102は受容体1の周囲の全部に又は一部に取り付けることができる。図4Dは受容体1を下からみた下面図であり、中心部101の周囲全部に傾斜側面部102を設けた例を示すものである。また、図4Eも受容体1を下からみた下面図

であり、傾斜側面部102を複数に分割して設けた例を示すものである。なお、受容体1としては、図4Cに示すように、中央部101を無くして、円弧状に湾曲した傾斜側面部102のみからなる形状とすることもできる。図4Cは、図4Aの例における中央部101を無くし、円の周囲に存在していた傾斜側面部102を中心に配置した例を示している。この場合でも、図4D、Eに示したように、傾斜側面部102を一体として形成してもよいし、複数に分割したものとして形成してもよい。また、傾斜側面部102を、中心点の周囲の一部に設けた形状とすることもできる。

[0038] 以上のように構成された受容体1に対する噴出空気601による作用を説明する。図5Aに示すように、受容体1の中央部101に噴出空気601を当てるときは、従来と同様に、噴出方向やそれに近い方向の力を操作者に対して提示することができる。また、図5Bに示すように、受容体1の傾斜側面部102の一部に噴出空気を当てるときは、図5Cに示すように、噴出空気601が傾斜側面部102に衝突し、そこから側面の主に横外側に流れ出すことになる。

[0039] 噴出空気601が傾斜側面部102に衝突した場合に発生する力について図6を参照して説明する。

[0040] 噴出空気601が傾斜側面部102に衝突した場合に発生する力は、噴出空気の衝突前と衝突後の運動量の変化から求めることができる。密度  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>]、流速  $v$  [m/s]、流量  $Q$  [m<sup>3</sup>/s]の噴出空気が、図6に示すように、静止している傾斜面に衝突し、その流れの向きが角度  $\theta$  ( $0 < \theta < 90$ 度とする)だけ変化するものとする。このとき、傾斜面が受ける力  $F$  [N]のx成分を  $F_x$ 、z成分を  $F_z$  とすると、以下の式が成り立つ。ただし、噴出空気はその内部の全ての点で静圧が等しい非粘性流体であると仮定し、また、噴出空気の傾斜面への衝突や傾斜面での摩擦による運動エネルギーの損失は無視している。

$$0 = -F_x + \rho Q v \cdot \sin \theta$$

$$\rho Q v = F_z + \rho Q v \cdot \cos \theta$$

これより、 $F_x$  および  $F_z$  は以下のように求められる。

$$F_x = \rho Q v \cdot \sin \theta$$

$$F_z = \rho Q v \cdot (1 - \cos \theta)$$

従って、空気の流れを受容体傾斜側面部102の傾斜面によって噴出方向に対して垂直な方向(横方向)の成分を伴った流れに変化させることで、噴出空気601の噴出方向に対して垂直な方向(横方向)の成分の力 $F_x$ を含んだ力 $F$ が発生し、その力を操作者に提示することができる。

[0041] そこで、受容体1を把持した操作者7に右方向の力を加える場合、左側の傾斜側面部102に空気が当たるように空気を噴出する(図5B)。右方向の力以外の力を加える場合は、同様にその逆側の傾斜側面部102に空気を噴出すれば良い。

[0042] 図4Cに示したような傾斜側面部102のみからなる形状の受容体1に対して、横方向の成分を含んだ力を提示する場合については、図5Bに示した場合と同様であるが、上方向の力を提示する場合は、傾斜側面部102の対向する両側あるいは全面に噴出空気601が当たるように噴出空気を制御すればよい(図5D参照)。

[0043] なお、実際には、上式で示したように、横方向への力 $F_x$ とともに上方向への力 $F_z$ も発生する。上式より、横方向への力 $F_x$ に対する上方向への力 $F_z$ の比は、 $(1 - \cos \theta) / \sin \theta$ となり、前述の範囲( $0 < \theta < 90$ 度)においては角度 $\theta$ が小さいほど横方向への力 $F_x$ に比べて上方向への力 $F_z$ が小さくなる。しかしながら、上方向への力 $F_z$ を小さくするため、角度 $\theta$ を小さくすれば、力の絶対量が小さくなり、横方向への力 $F_x$ も小さくなってしまふ。

[0044] そこで、傾斜側面部102は、噴出空気の状態(噴出量や噴出速度等)と傾斜面の状態(面積や摩擦等)とに応じて、意図した横方向への力を提示することができ、かつ横方向への力に対して上方向への力ができるだけ小さくなるような傾斜角度および形状とすることが望ましい。また、上方向への力を小さくするように噴出空気601の衝突位置を制御することが望ましい。

[0045] 図4Dの受容体には、傾斜側面部102が、空気の噴出方向に平行な軸に対し、環形状に備わっている。そのため、傾斜側面部102の任意の位置に噴出空気を当てることにより、噴出方向に対して垂直な任意の方向(横方向)に空気の流れを変えることができ、噴出方向に対して垂直な任意の方向(横方向)の力を提示することができる利点を持つ。

[0046] しかし、図4Dの受容体1のように、xy平面に平行な断面における形状が噴出口のx

y平面上の位置に対して凸形の曲線となるような曲面形状の傾斜面からなる傾斜側面部を持つ受容体では、横方向への力の提示可能な大きさが小さくなってしまいう欠点がある。以下、その理由について図7を参照して説明する。

- [0047] 図7は、噴出空気が曲面形状の傾斜面からなる傾斜側面部102に衝突し、傾斜側面部102に対して、噴出方向と垂直な方向(図の左側方向)の力が作用する様子を示す図である。なお、図7は、傾斜側面部102の水平断面を噴出方向から見た図である。
- [0048] 図7に示すように、噴出した空気は放射状に広がり、傾斜側面部102の衝突点0、および衝突点0の周囲の点である衝突点1や衝突点2に衝突する。衝突点0で衝突した空気は、図7の左側方向を向いた横方向の力である $F_0$ を生じさせる。しかし、傾斜面は噴出口から見て凸の曲面形状を有しているため、衝突点1や衝突点2に衝突した空気は、提示しようとする力とは異なる方向の力である $F_1$ 、 $F_2$ を生じさせる(ここでは面の表面の摩擦は無視する)。
- [0049]  $F_1$ は $F_{1x}$ と $F_{1y}$ に、 $F_2$ は $F_{2x}$ と $F_{2y}$ に、それぞれ分解することができ、 $F_{1x}$ 、 $F_{2x}$ が図7の左側方向を向いた横方向の力として提示されるが、この $F_{1x}$ 、 $F_{2x}$ は分力であるためそれぞれ $F_1$ 、 $F_2$ よりも小さくなる。また、衝突点1や衝突点2は、噴出口からの距離が長くなってしまいうので、提示しようとする力と一致した方向の力はさらに小さくなる。
- [0050] そこで、横方向への力の提示可能な大きさを大きくするために、提示可能な力の方向は限られることになるが、傾斜側面部102の傾斜面の形状を例えば、図8A～8Cに示すように、円筒形状の一部としてもよい。図8Aは傾斜側面部102の傾斜面を円筒形状の一部にした受容体1を下から見た図であり、図8Bは当該受容体1を斜めから見た図であり、図8Cは当該受容体1の縦断面図である。
- [0051] また、図9A～9Cに示すように、受容体1の傾斜側面部102の傾斜面を、xy平面に平行な断面における形状が噴出口のxy平面上の位置に対して凹形の曲線となるような曲面形状としてもよい。図9Aは当該受容体1を下から見た図であり、図9Bは当該受容体1を斜めから見た図であり、図9Cは当該受容体1の縦断面図である。
- [0052] 傾斜側面部102の傾斜面の形状を図8A～8Cのような形状にすることで、衝突点に当たった空気は全て、傾斜面に対して垂直な同一方向の力を与えるようになるの

で、提示する力が大きくなる。また、傾斜側面部102の傾斜面の形状を図9A～9Cのような形状にすることで、図4Dのような形状の傾斜面に比べ、噴出口と衝突点との距離が短くなるので、横方向に提示する力が大きくなる。

[0053] (力の提示の具体例)

操作者7が受容体1を動かすことにより、操作者7に力が提示される具体例について以下説明する。

[0054] 操作者7が受容体1を動かすことで、変化する受容体1の位置や向きが受容体計測部2により計測される。そして、その位置や向きに応じて、仮想空間内の受容体1に対応するオブジェクトが動き、そのオブジェクトが別のオブジェクトに上から又は横から接触したとき、噴出制御部5が噴出部6を制御し、上向き又は横向きの力を操作者7に提示するように受容体1に対して空気を噴出する。以下、より詳細に説明する。

[0055] まず、仮想空間内の受容体1に対応するオブジェクトが別のオブジェクトに上方向又はそれに近い方向から接触し、上向きの力を提示する場合は、受容体1の中央部101に噴出空気601が当たるように、受容体1の中央部101直下近くの噴出口602から噴出空気601を噴出させる(図5A)。

[0056] 仮想空間内の受容体1に対応するオブジェクトが別のオブジェクトに横方向や又はそれに近い方向から接触し、横向き成分を含んだ力を提示する場合は、受容体1の傾斜側面部102に噴出空気601が当たるように、噴出部6の噴出口602から空気を噴出する。この場合、なるべく図5Cに示すように、面に沿って横方向に流れやすい噴出口602から噴出するように噴出部6を制御する。

[0057] ただし、噴出空気601は噴出口602から遠ざかるほど広がるので、それを考慮する必要がある。具体的には、図10Aに示すように、受容体1の傾斜側面部102と噴出口602との間の距離が短い場合は、受容体1の傾斜側面部102に近い噴出口602から空気を噴出させる。また、図10Bに示すように、受容体1が噴出口602の並ぶ面に対して図10Aの場合より高い位置にある場合は、受容体1の傾斜側面部102に噴出空気601が当たるように、空気の広がりに応じて傾斜側面部102から離れた噴出口602から空気を噴出させる。

[0058] このように、横方向から物体に接触する映像に連動させ、接触横方向成分を含んだ

力を操作者7に提示することで、操作者7に横方向から接触したように感じさせることができる。

[0059] 前記した仮想空間表示部4による表示方法としては、一般のディスプレイやヘッドマウントディスプレイ(head mounted display)、又はプロジェクタによる投影が挙げられる。その際、操作者7の視点位置を光学式や磁気式などによる位置検出装置によって検出し、操作者7の視点に応じた仮想空間表示を行う。また、操作者7の左右の目の位置に応じた仮想空間映像を表示し、操作者7がその映像を左右それぞれの目で見ることが可能なヘッドマウントディスプレイや立体視メガネを装着することで、立体的に仮想空間表示を行なう方法を用いることもできる。

[0060] 特に実際に力覚提示される領域に、両目への映像をプロジェクタによって投影し、操作者7は立体視メガネを装着して観る方法が、操作者7への負荷が少ない方法である。この表示方法によれば、力覚提示する領域に仮想物体を立体表示させるので、視覚と力覚による提示位置を一致させることができ、より直感的な体験を可能とすることができる。また、力を伝えるために空気を使用するので、映像表示を邪魔しない特徴を生かすこともできる。この立体視メガネを使用した立体表示方法としては、赤と青の映像と赤青メガネを使用する方法、偏向をさせた投影映像と偏向メガネを使用する方法、時分割で切り替えた左右映像とシャッターメガネを使用する方法などがある。

[0061] また、操作者7の両目の視点に応じた立体映像による仮想空間表示部4と噴出部6とを統合させるため、噴出口602を有する噴出部6としての机の真上にプロジェクタを取り付け、コンピュータで構築された仮想空間の映像を、その机の上に投影する手法がある。この手法では、仮想空間表示部4は、机の上に存在するとした仮想物体などを、操作者7の左右の視点位置から見た場合の左右の仮想空間映像として机の上に投影する。このとき、操作者7の左右の目の位置を直接検出する代わりに、例えば操作者7に立体視メガネを装着させ、その立体視メガネの左右の目の位置に近い部分に取り付けたマーカをカメラで撮影する光学式位置検出方法などによって、操作者7の視点の位置を検出することができる。これらの結果として、操作者7の視点に応じた立体映像を投影でき、噴出部6としての机の上の空間に仮想物体が浮かび上がった

ように視覚提示することができる。

[0062] (噴出口の決定方法)

次に、空気の噴出方向に対して垂直な方向(横方向)の成分を含んだ力を提示する場合に、空気の噴出を行う噴出口を決定する方法について説明する。なお、以下で説明する処理は、力覚提示装置における噴出制御部5により実行される。

[0063] 図11は、平面に複数の噴出口602を有する噴出部6と、傾斜側面部102を受容体1の中央部101の周囲全部に設けた受容体1とを、上部から見下ろした図である。図12は、ここで使用されている受容体1の断面図である。

[0064] 図11に示すように、受容体1の中心Pの座標を( $X_{Re}$ ,  $Y_{Re}$ )、受容体1の中心Pから傾斜側面部内縁(すなわち中央部外縁)までの距離をR1、受容体中心Pから傾斜側面部外縁までの距離をR2、i番目の噴出口 $N_{ij}$ の座標を( $X_i$ ,  $Y_j$ )、受容体1に提示する力の方向を示すベクトルを $V_f(a, b)$ 、噴出口 $N_{ij}$ から受容体中心Pへのベクトルを $V_{PN}$ とする。

[0065] まず、全ての噴出口からの噴出量及び噴出圧力が同じである場合を考える。噴出口が十分に密に配置されており、全ての位置に存在していると仮定した場合、 $V_f(a, b)$ の方向の力を提示するために、

$V_f \times |V_{PN}| / |V_f| = V_{PN}$  かつ  $R1 \leq |V_{PN}| \leq R2$  (式1)を満たす噴出口を選択する。つまり、傾斜側面部内縁と傾斜側面部外縁との間に位置し、噴出口から中心Pに向かう方向が力の方向と同じになる噴出口を選択し、空気を噴出させる。ここで、式1を満たす噴出口が複数ある場合には、それら複数の噴出口から空気を噴出する。もしくは、式1を満たす噴出口が複数ある場合において、同時に噴出する噴出口を1つまたはその内の指定の複数個とする場合には、下記のようにして1つまたは指定複数個の噴出口を選択する。

[0066] できるだけ大きな横方向の力を得るためには、受容体1に効率的に力を与える必要があるが、そのためには傾斜側面部102の傾斜面に沿って外側に空気が流れていくことが望ましい。そのために、傾斜側面部102の有効な存在範囲において、傾斜側面部102の傾斜カーブの最も下部近くで空気の噴出を受けることが望ましい。すなわち、傾斜側面部102における中央部101に近い位置で空気の噴出を受けることが望

ましい。従って、式1を満たす噴出口が複数ある場合には、 $|V_{PN}|$ が最も小さい噴出口を1つ選択する。もしくは、噴出口を指定の複数個選択する場合には、 $|V_{PN}|$ の小さいほうから当該個数の噴出口を選択する。

- [0067] 噴出口が疎に配置されている場合、 $V_f \times |V_{PN}| / |V_f| = V_{PN}$ を満たす噴出口が存在しない場合がある。この場合、 $V_f$ に近い $V_{PN}$ の噴出口を選択する。より詳細には、図13に示すように、 $V_f$ と $V_{PN}$ とのなす角を $\theta_{ij}$ とすると、

$R1 \leq |V_{PN}| \leq R2$ を満たす噴出口の中で、 $|\theta_{ij}|$ が最も小さい噴出口を選択する(式2)。なお、 $\theta_{ij} = \cos^{-1} \{ (V_f \cdot V_{PN}) / (|V_f| |V_{PN}|) \}$  ( $\cdot$ は内積)である。つまり、この場合、傾斜側面部内縁と傾斜側面部外縁の間に位置し、かつ、噴出口から中心Pに向かう方向が力の方向に最も近い噴出口を選択し、空気を噴出させる。 $|\theta_{ij}|$ が最も小さい噴出口が複数存在する場合には、 $|V_{PN}|$ が最も小さい噴出口を選択すればよい。

- [0068] また、受容体1に与える力の大きさを優先するために、所定の範囲内の $\theta_{ij}$ を持つ噴出口の中で、 $|V_{PN}|$ が最も小さい噴出口を選択することとしてもよい。すなわち、 $R1 \leq |V_{PN}| \leq R2$ かつ $0 \leq |\theta_{ij}| \leq \gamma$ を満たす噴出口のうち、 $|V_{PN}|$ が最も小さい噴出口を選択する(式3)。つまり、この場合、噴出口から中心Pに向かう方向と力の方向との角度差の大きさが所定値以下である噴出口のうち、傾斜側面部内縁と傾斜側面部外縁の間に位置し、噴出口と中心Pとの間の距離が最小となる噴出口を選択し、空気を噴出させる。

- [0069] 同時に噴出する噴出口を複数個とする場合は、同時に噴出する噴出口における個々の噴出口から中心Pへのベクトルを合成し、仮想的な一つのベクトルとして $V_{PN}$ を設定する。そして、上記と同様の方法で、当該複数個の噴出口を決定する。

- [0070] また、個々の噴出口からの噴出量又は噴出圧力が各々異なっている場合については、個々の噴出口に対するベクトル $V_{PN}$ を、噴出口の座標と受容体中心Pの座標に加えて、当該噴出口からの空気噴出量もしくは噴出圧力に基づき設定する。例えば、 $V_{PN}$ の向きを噴出口から受容体中心Pへの向きとし、 $V_{PN}$ の大きさを噴出口と受容体中心P間の距離に比例し、空気噴出量もしくは噴出圧力に反比例するように設定する。例えば、ある噴出口の空気噴出量が大きい場合、 $V_{PN}$ の大きさは実際の噴出口と受容体中心P間の距離より小さくなり、 $R1 \leq |V_{PN}| \leq R2$ を満たす噴出口を選択すること



により、傾斜側面部外縁の外側にある噴出口も選択可能となる。

[0071] 式1～式3で示す方法において、 $R_1$ 、 $R_2$ の値として、実際の中央部101及び傾斜側面部102の大きさの値をそのまま使用することの他、物体に接触していると感じるために必要な力の大きさ等、アプリケーションに応じた大きさの力を提示するための有効な傾斜測定部102の範囲を考慮して設定することもできる。また、計測位置の誤差等を考慮して設定してもよい。

[0072] 例えば、実験等により、必要な提示力を得るために有効な傾斜側面部102の範囲(受容体中心Pからの距離 $R$ で示す)が、 $R_1 + \alpha \leq R \leq R_2 - \beta$  ( $\alpha, \beta > 0$ )として求められた場合には、式1～式3で示す方法において、 $R_1$ を $R_1 + \alpha$ に置き換え、 $R_2$ を $R_2 - \beta$ に置き換えればよい。ただし、 $\alpha, \beta$ は受容体1の位置により異なる場合があるので、様々な受容体1の位置において $R$ を計測し、 $\alpha, \beta$ をそれぞれ受容体1の位置の関数としてもよい。

[0073] 以上の噴出口の決定方法では、図11、図12に示すような環状形の傾斜側面部102を持つ受容体を前提としている。環状形の傾斜側面部102を持つ受容体の場合、噴出方向に対して垂直な任意の方向(横方向)の力を提示することができるため、式1～式3で示す方法における受容体1に提示する力の方向を示すベクトル $V$ も任意の向きに設定することができる。

[0074] 一方、図8A～8Cに示したような形状の傾斜側面部102を持つ受容体や図9A～9Cに示したような形状の傾斜側面部102を持つ受容体の場合、提示可能な力の方向は限られることになるが、その噴出口の決定方法は、ベクトル $V$ をその限られた方向に設定することで、式1～式3で示す方法をそのまま利用することができる。

[0075] この場合について図14A、Bを参照して具体的に例を挙げて説明する。図14Aは、図8A～8Cに示したような傾斜側面部102の傾斜面を円筒形状の一部にした受容体が操作者に提示する力を説明するための図であり、図14Bは、図9A～9Cに示したような傾斜側面部102の傾斜面をxy平面に平行な断面における形状が噴出口のxy平面上の位置に対して凹形の曲線となるような曲面形状にした受容体が操作者に提示する力を説明するための図である。図14A、Bに示す受容体はそれぞれ4つの傾斜面からなる傾斜側面部102を持っている。

- [0076] 図14A、Bで示した受容体の場合、各図の上側の傾斜側面部102に噴出空気を当てることで、図の下方方向への力を操作者に提示することができる。同様に、各図の下側、左側、右側の傾斜側面部に噴出空気を当てることで、それぞれ各図の上方向、右方向、左方向への力を操作者に提示することができる。
- [0077] つまり、同時に噴出する噴出口を1つとした場合は、式1～式3で示す方法において、ベクトル $V_i$ の方向を各図の上方向、下方方向、左方向、右方向に設定することで、それぞれ各図の上方向、下方方向、左方向、右方向の4方向への力を提示することができる。なお、傾斜側面部102を構成する傾斜面の数を増やすことで提示可能な方向を増やすこともでき、また同時に噴出する噴出口を複数とし、複数の噴出空気をそれぞれ異なる傾斜面に当てた際に発生する複数の力を合成して提示することにより提示可能な方向を増やすこともできる。

## 実施例 2

- [0078] 図15に実施例2の力覚提示装置の構成を示すブロック図を示す。図16にその力覚提示装置の処理のフローチャートを示す。
- [0079] 本実施例2では、受容体1の傾斜側面部102は、その位置や傾きを変えることが可能な変形機構を備える。また、図15に示すように、実施例2の力覚提示装置は、仮想空間内の仮想オブジェクトの状態に応じて、又は受容体1の位置もしくは向きに応じて、受容体1の傾斜側面部102の位置もしくは傾きを変える受容体側面部制御部8を備える。この場合の傾斜側面部102は、複数の分割されている図4Eに示したような形状が好ましい。受容体側面部制御部8は、仮想オブジェクト算出部3及び噴出制御部5とともに、これらの処理をコンピュータに実行させるプログラムをコンピュータに搭載することにより実現することが可能である。また、受容体側面部制御部8と受容体1の変形機構との間は、有線もしくは無線で接続し、受容体側面部制御部8から受容体1に対して制御信号を送信できるようにする。
- [0080] 図16に示すように、実施例2における力覚提示装置の処理は、仮想オブジェクト表示処理(ステップ23)と噴出制御処理(ステップ25)との間に傾斜側面部制御処理(ステップ24)が追加されている点で実施例1における力覚提示装置の処理と異なる。ステップ24において、受容体側面部制御部8は、噴出口から噴出する空気の流れに対

して傾斜側面部102の方向を一定に保つように傾斜側面部102の位置もしくは向きを制御する。この制御は、計測された受容体1の位置もしくは向き、又は仮想空間内の仮想オブジェクトの状態に基づき行われる。

[0081] 例えば、受容体1が傾いたことを受容体計測部2が検出し、その検出信号が受容体側面部制御部8に送られ、受容体側面部制御部8は、傾斜側面部102の状態が、受容体1が傾く前の状態における傾斜側面部102の状態と同じになるように傾斜側面部102に対する回転量等を決め、受容体1に対して当該回転量に対応する制御信号を送信する。

[0082] 実施例2の傾斜側面部102は、例えば図17Aに示すように、内側と外側の2重の羽根102a, 102bにより形成される。羽根102aと中央部101間は羽根102aが支点cを中心に回転可能のように接続されている。また、羽根102aと羽根102b間は、支点dを中心に互いに回転可能のように接続されている。また、各支点には、受容体側面部制御部8からの制御信号を受けて羽根を回転させるための駆動装置が備えられている。

[0083] 受容体側面部制御部8は、例えば、図17Bに示すように、内側の羽根102bのみ回転させるように傾斜側面部102を制御できる。また、受容体側面部制御部8は、例えば、図17Cに示すように、内側外側の2重の羽根102a, 102bを一体として中央部101に対して回転させて上下方向に移動させるように制御することもできる。なお、図17Cに示す方向への側面回転だけでよい場合は、傾斜側面部102を2重にしない方法で実現することができる。

[0084] 本実施例2の使用例として、上方向に空気が噴出する1つ以上の噴出口602を水平面上に2次元に並べた噴出部6に対して受容体1の向きが変化した場合について説明する。

[0085] 横方向の力を提示するため傾斜側面部102に噴出している噴出口602の空気噴出方向に対して、受容体1全体の向き(つまり姿勢)が変化すると、受容体1と一体となっている傾斜側面部102の向きも噴出方向に対して変化し、操作者7に提示される力の向きも変わってしまう。

[0086] そこで、受容体1の向きが変化した場合、図16のフローチャートのステップS24に

示すように、その向きの変化に応じて受容体1の傾斜側面部102の向きを変え、噴出空気601の流れに対して傾斜側面部102の方向(向き)が変化しないようにする。これにより、提示したい力の方向を一定に保つことができる。

[0087] 図18Aに羽根102bを制御して傾斜側面部102の傾きを制御する例を示す。この例は、受容体1が、図17Aの状態から反時計回りの方向にある角度だけ回転した場合を示している。この場合、羽根102bを、羽根102aに対して図18Aに示すように時計回りの方向に回転させる。これにより、傾斜側面部102における空気を受ける部分の向きを、図17Aの状態における傾斜側面部102の空気を受ける部分の向きと同じに保つことができる。

[0088] 図18Bは羽根102a、102bを一体として制御する例を示す。この例は、受容体1が、図17Aの状態から時計回りの方向にある角度だけ回転した場合を示している。この場合、羽根102a、102bを一体として中央部101に対して反時計回りの方向に回転させる。これにより、傾斜側面部102の向きを、図17Aの状態における傾斜側面部102の向きと同じに保つことができる。なお、羽根をある支点を中心として回転させることにより、羽根の位置と向きが変更されている。上記の例では、羽根をある支点を中心として回転させる構成を示したが、羽根の位置又は向きを変更できる方法であれば、どのような構成でもよい。例えば、羽根を伸縮可能としてもよい。また、羽根自体を変形可能な構成としてもよい。

[0089] また、噴出空気601の噴出方向に対して受容体1の向きが変化していない場合でも、仮想空間内の仮想オブジェクトの状態に応じて、傾斜側面部102の傾きを制御することとしてもよい。傾斜側面部102の傾きを変えることにより、噴出空気601の方向に対して受容体1の傾斜側面部102から噴出空気601が流れ出ていく方向を変え、仮想空間内の仮想オブジェクトの状態に応じて、受容体1にかかる力の方向を制御することができる。

[0090] 本発明は、上記の各実施の形態に限定されることなく、特許請求の範囲内で種々変更・応用が可能である。

### 請求の範囲

- [1] 受容体の位置又は向きに応じて気体又は液体を噴出手段の噴出口から噴出させ該受容体に当てることにより該受容体を介して操作者に力覚を提示する力覚提示方法であって、
- 前記受容体に中心部から外側に向けて前記受容体の軸線に対して傾斜した形状をなす傾斜側面部を設け、該傾斜側面部に対して前記気体又は液体を噴出することにより、前記受容体に対して、前記気体又は液体の噴出方向に垂直な方向の成分を含んだ力を与えることを特徴とする力覚提示方法。
- [2] 請求項1に記載の力覚提示方法において、
- 前記受容体の位置又は向きに応じて前記傾斜側面部の位置又は向きを変化させることを特徴とする力覚提示方法。
- [3] 請求項1又は2に記載の力覚提示方法において、
- 前記受容体の位置又は向きに応じて仮想オブジェクトを算出して該算出結果に基づき該仮想オブジェクトを含む仮想空間を表示させることを特徴とする力覚提示方法。
- [4] 請求項1に記載の力覚提示方法において、
- 前記噴出手段は平面上に複数の噴出口を配した構造を持ち、前記受容体が当該平面上の所定の高さの位置にある場合において、前記受容体の傾斜側面部内縁と傾斜側面部外縁との間に位置し、かつ、噴出口から前記受容体の中心に向かう方向と前記受容体に与えようとする力の方向との角度差が所定の値以下となる噴出口を選択し、選択された噴出口から前記気体又は液体を噴出させることを特徴とする力覚提示方法。
- [5] 受容体の位置又は向きに応じて気体又は液体を噴出手段の噴出口から噴出させ該受容体に当てることにより該受容体を介して操作者に力覚を提示する力覚提示方法において用いられる力覚提示装置であって、
- 前記力覚提示装置は、前記力覚提示装置に接続された受容体計測手段によって計測された前記受容体の位置又は向きに応じて前記噴出手段の噴出口から噴出する前記気体又は液体の噴出量又は噴出方向を制御する噴出制御手段を備え、

前記受容体は、中心部から外側に向けて前記受容体の軸線に対して傾斜した形状をなす傾斜側面部を有し、前記気体又は液体の噴出方向に垂直な方向の成分を含んだ力を前記受容体に与えるために、前記噴出制御手段は、前記傾斜側面部に対して前記気体又は液体を噴出するよう前記噴出手段を制御することを特徴とする力覚提示装置。

[6] 請求項5に記載の力覚提示装置において、

前記受容体に前記傾斜側面部の位置又は向きを変化する変形機構を備え、且つ該変形機構を前記受容体計測手段によって計測された前記受容体の位置又は向きに応じて制御する受容体側面部制御手段を備えたことを特徴とする力覚提示装置。

[7] 請求項5又は6に記載の力覚提示装置において、

前記受容体計測手段によって計測された前記受容体の位置又は向きに応じて仮想空間内の仮想オブジェクトの状態を算出するとともに、該算出結果に基づき前記仮想オブジェクトを含む前記仮想空間を仮想空間表示手段に表示させる仮想オブジェクト算出手段を備えたことを特徴とする力覚提示装置。

[8] 請求項5に記載の力覚提示装置において、

前記噴出手段は平面上に複数の噴出口を配した構造を持ち、前記受容体が当該平面上の所定の高さの位置にある場合に、前記気体又は液体の噴出方向に垂直な方向の成分を含んだ力を前記受容体に与えるために、前記噴出制御手段は、前記受容体の傾斜側面部内縁と傾斜側面部外縁との間に位置し、かつ、噴出口から前記受容体の中心に向かう方向と前記受容体に与えようとする力の方向との角度差が所定の値以下となる噴出口を選択し、選択された噴出口から前記気体又は液体を噴出させることを特徴とする力覚提示装置。

[9] 受容体の位置又は向きに応じて気体又は液体を噴出手段の噴出口から噴出させ該受容体に当てることにより該受容体を介して操作者に力覚を提示する力覚提示方法において用いられる力覚提示装置の機能をコンピュータに実現させるためのプログラムであって、前記コンピュータを、

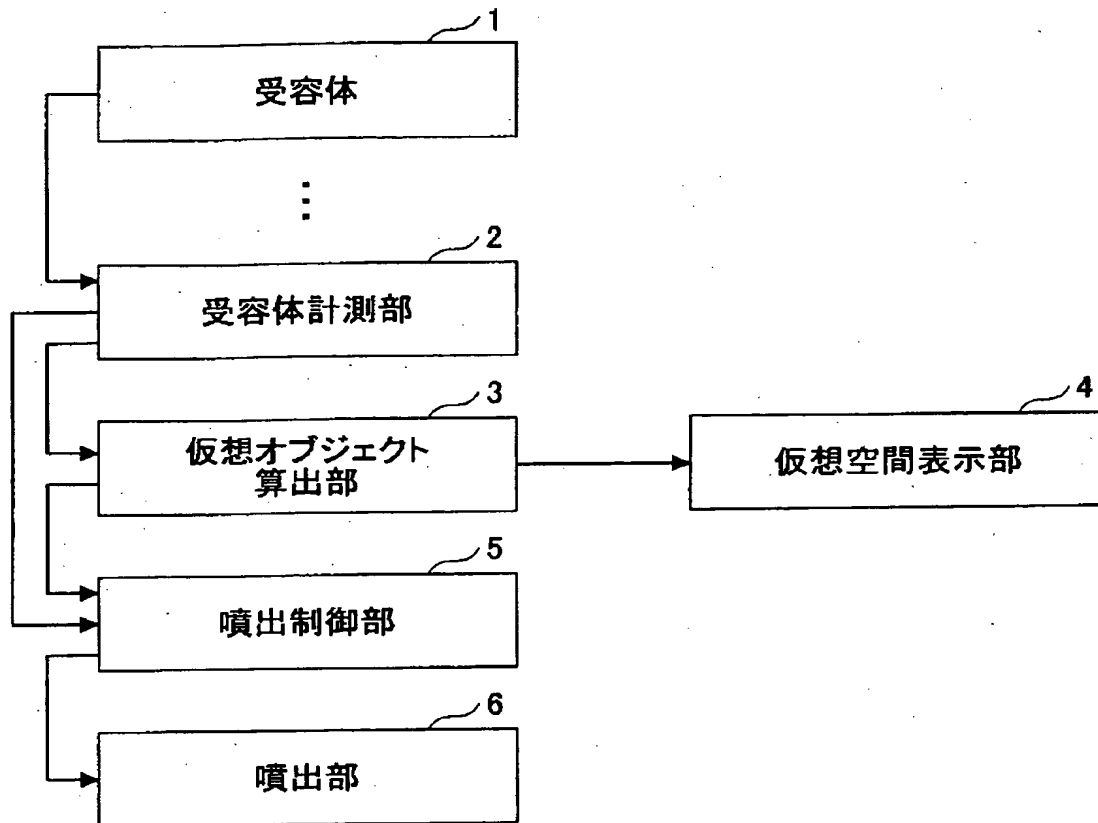
前記コンピュータに接続された受容体計測手段によって計測された前記受容体の位置又は向きに応じて前記噴出手段の噴出口から噴出する前記気体又は液体の噴

出量又は噴出方向を制御する噴出制御手段として機能させるためのプログラムであり、

前記受容体は、中心部から外側に向けて前記受容体の軸線に対して傾斜した形状をなす傾斜側面部を有し、前記気体又は液体の噴出方向に垂直な方向の成分を含んだ力を前記受容体に与えるために、前記噴出制御手段は、前記傾斜側面部に対して前記気体又は液体を噴出するよう前記噴出手段を制御することを特徴とするプログラム。

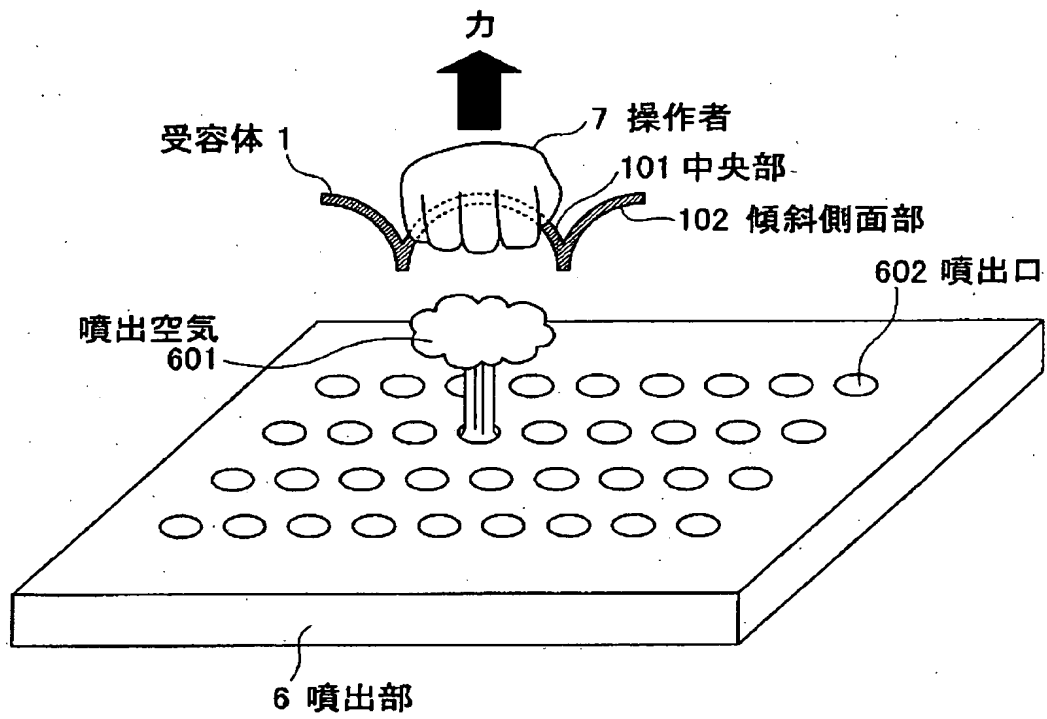
- [10] 請求項9に記載のプログラムにおいて、  
前記受容体は前記傾斜側面部の位置又は向きを変化する変形機構を備え、  
前記コンピュータを、該変形機構を前記受容体計測手段によって計測された前記受容体の位置又は向きに応じて制御する受容体側面部制御手段として更に機能させることを特徴とするプログラム。
- [11] 請求項9又は10に記載のプログラムにおいて、前記コンピュータを、  
前記受容体計測手段によって計測された前記受容体の位置又は向きに応じて仮想空間内の仮想オブジェクトの状態を算出するとともに、該算出結果に基づき前記仮想オブジェクトを含む前記仮想空間を仮想空間表示手段に表示させる仮想オブジェクト算出手段として更に機能させることを特徴とするプログラム。
- [12] 請求項9に記載のプログラムにおいて、  
前記噴出手段は平面上に複数の噴出口を配した構造を持ち、前記受容体が当該平面上の所定の高さの位置にある場合に、前記気体又は液体の噴出方向に垂直な方向の成分を含んだ力を前記受容体に与えるために、前記噴出制御手段は、前記受容体の傾斜側面部内縁と傾斜側面部外縁との間に位置し、かつ、噴出口から前記受容体の中心に向かう方向と前記受容体に与えようとする力の方向との角度差が所定の値以下となる噴出口を選択し、選択された噴出口から前記気体又は液体を噴出させることを特徴とするプログラム。

[図1]

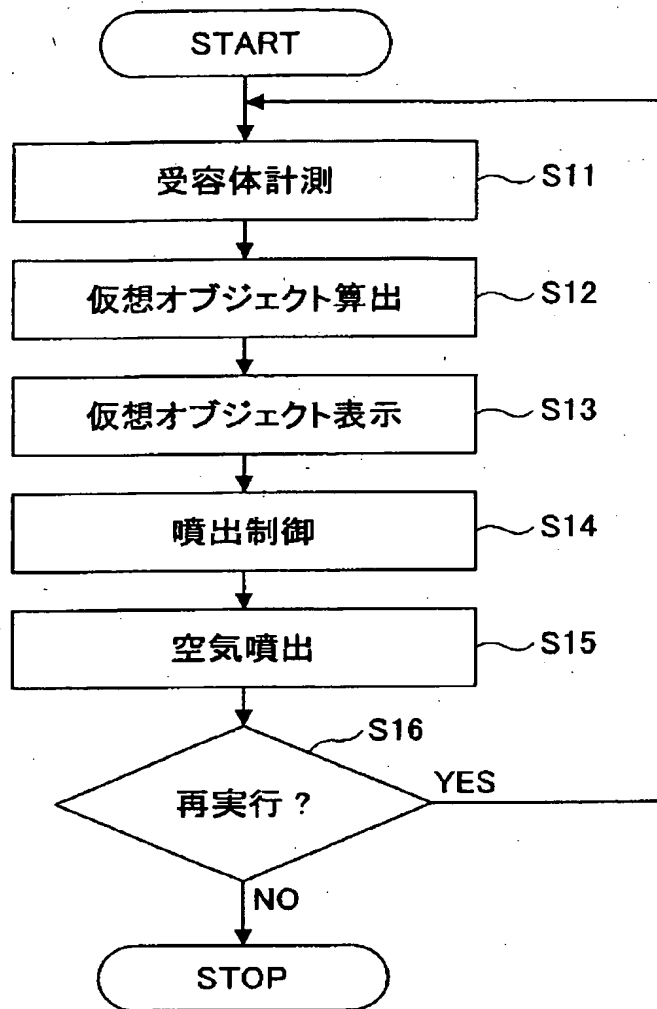




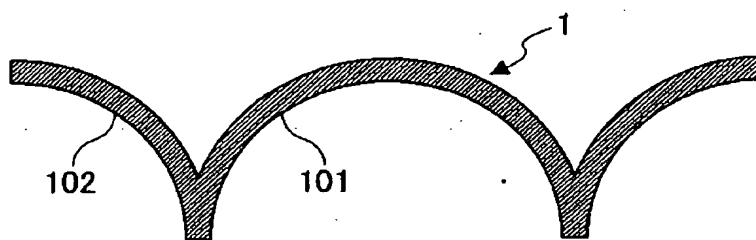
[図2]



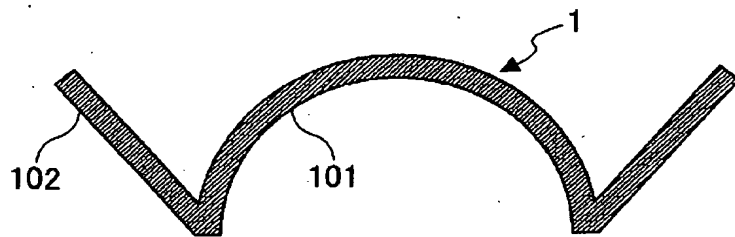
[図3]



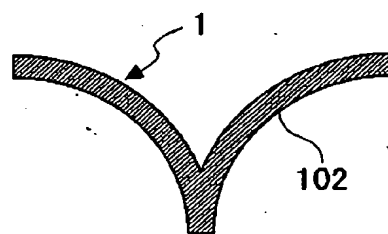
[図4A]



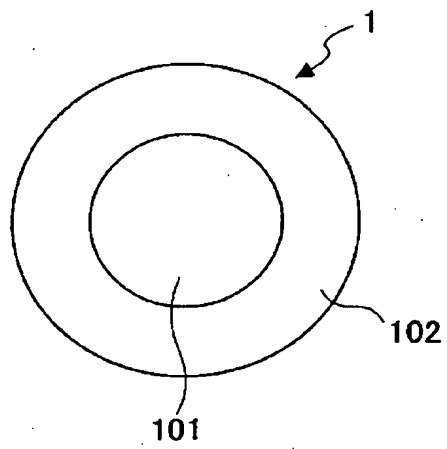
[図4B]



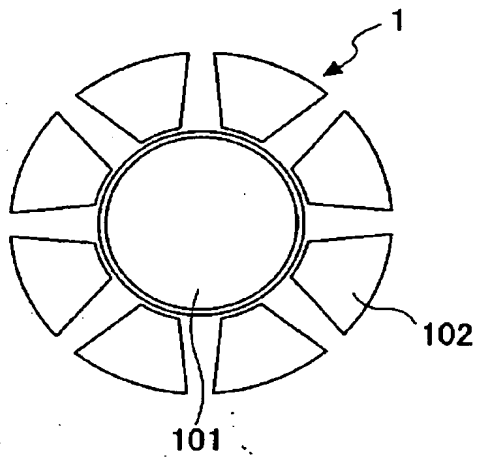
[図4C]



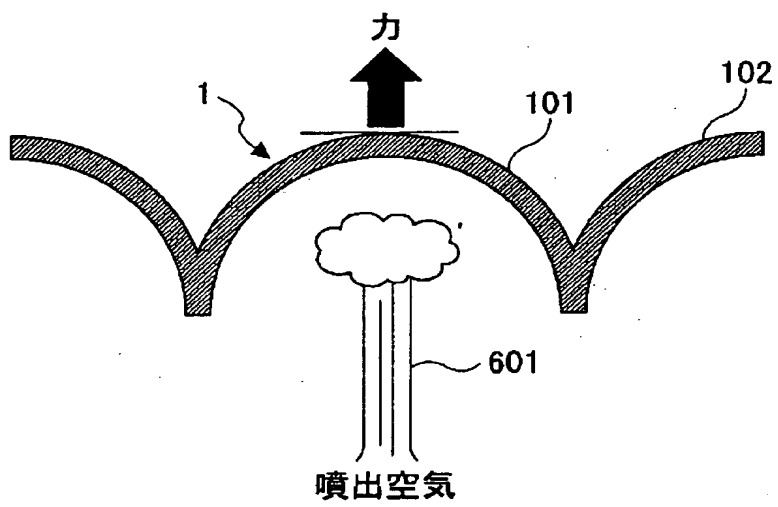
[図4D]



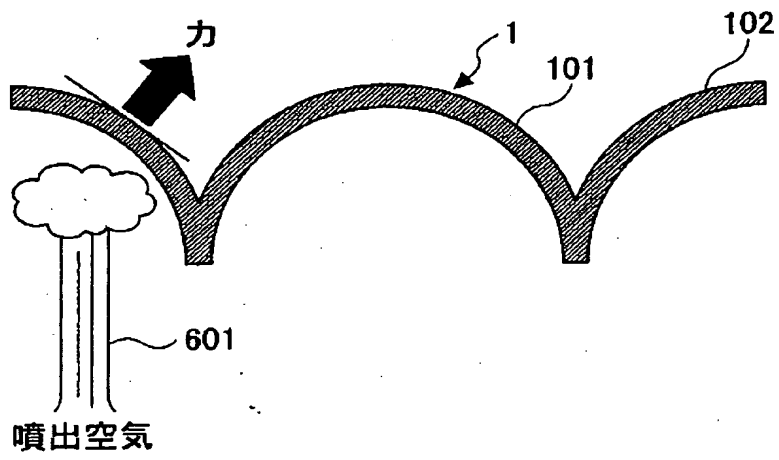
[図4E]



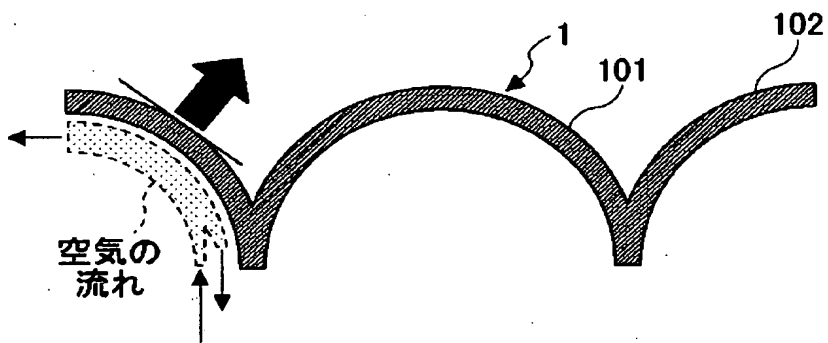
[図5A]



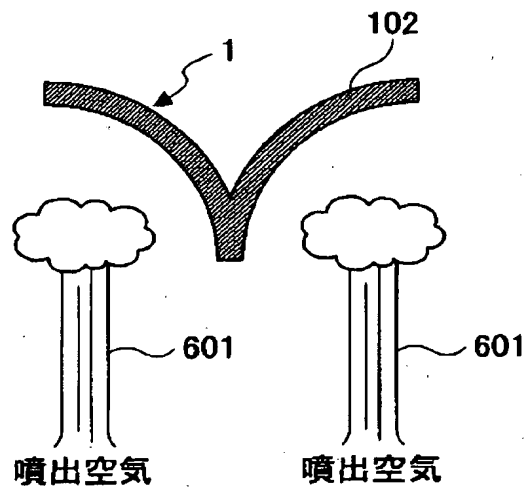
[図5B]



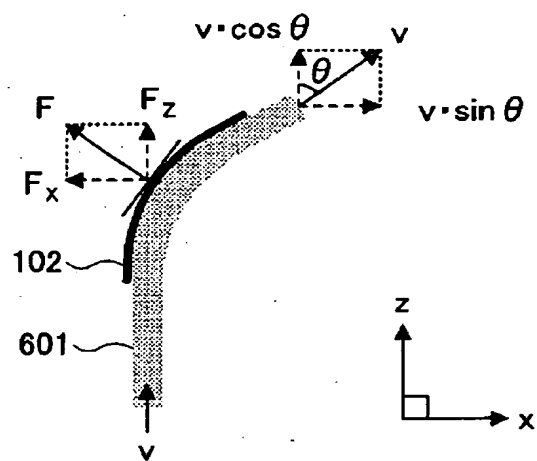
[図5C]



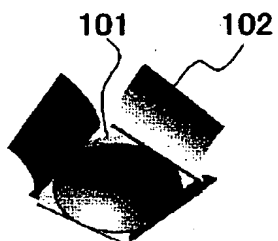
[図5D]



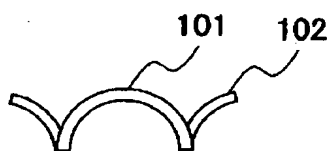
[図6]



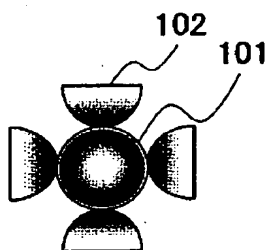
[図8B]



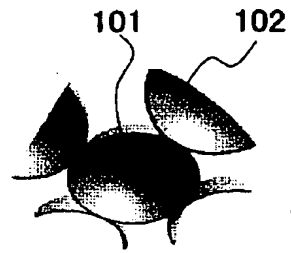
[図8C]



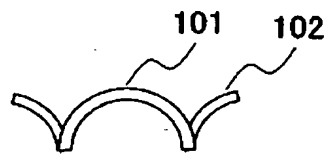
[図9A]



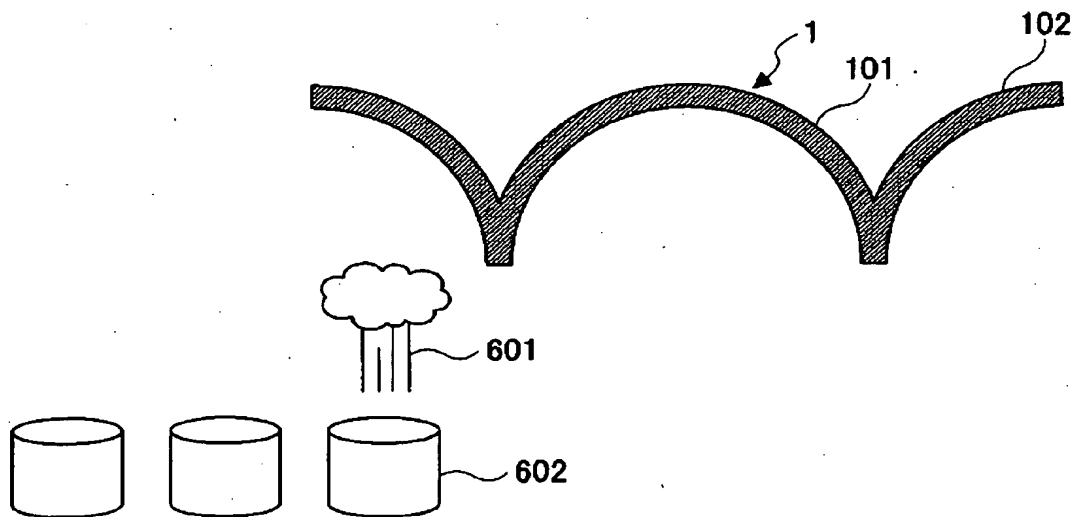
[図9B]



[図9C]

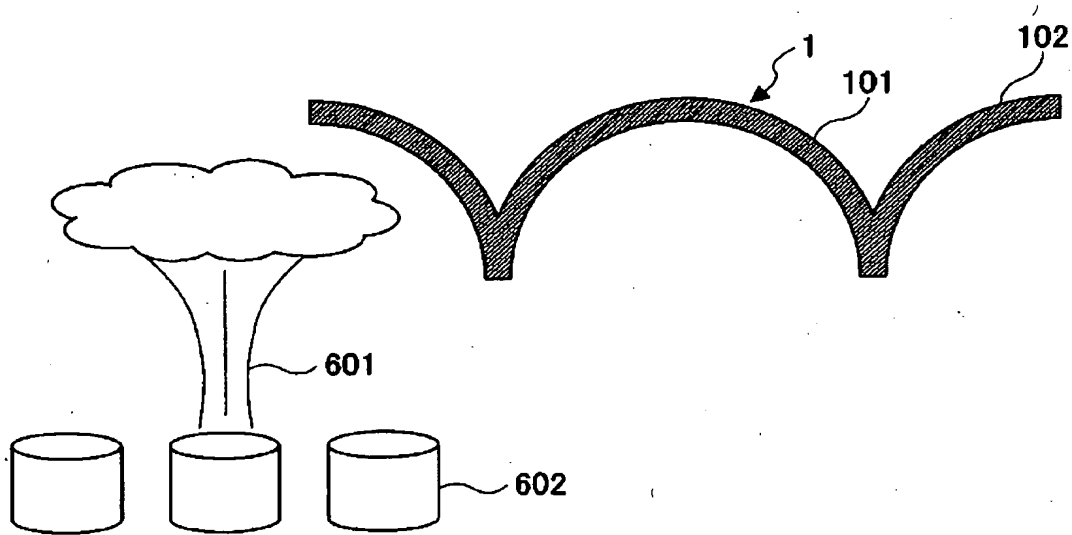


[図10A]

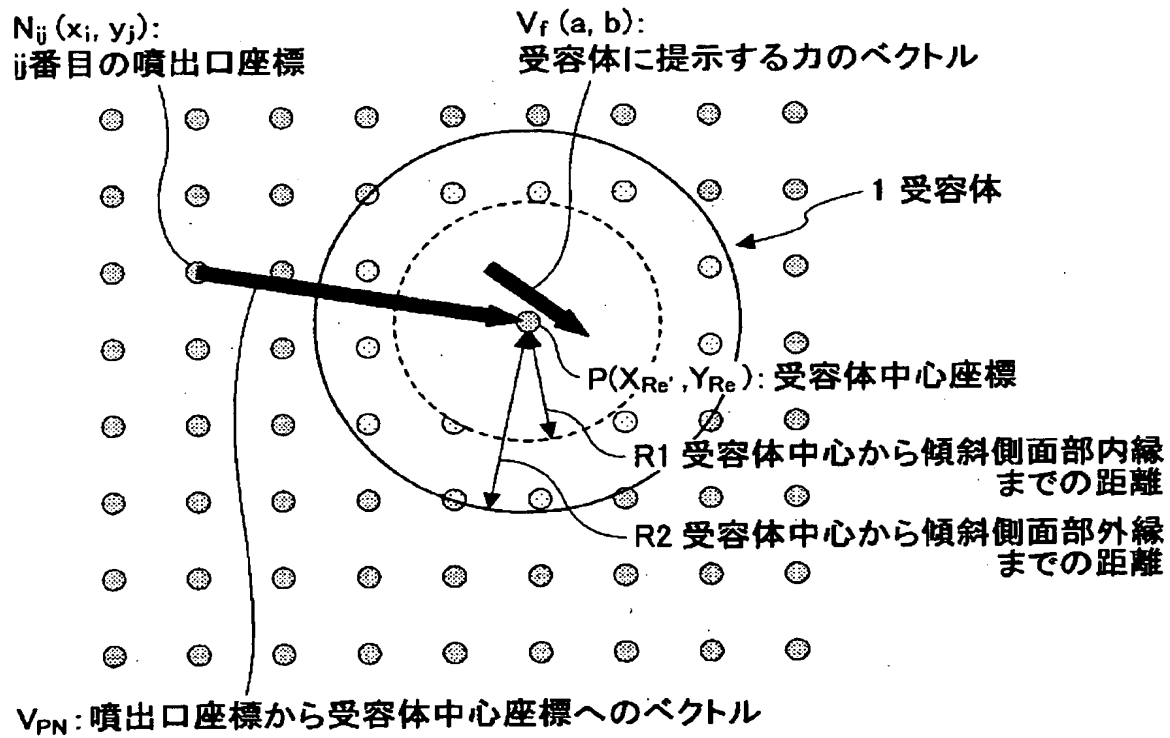




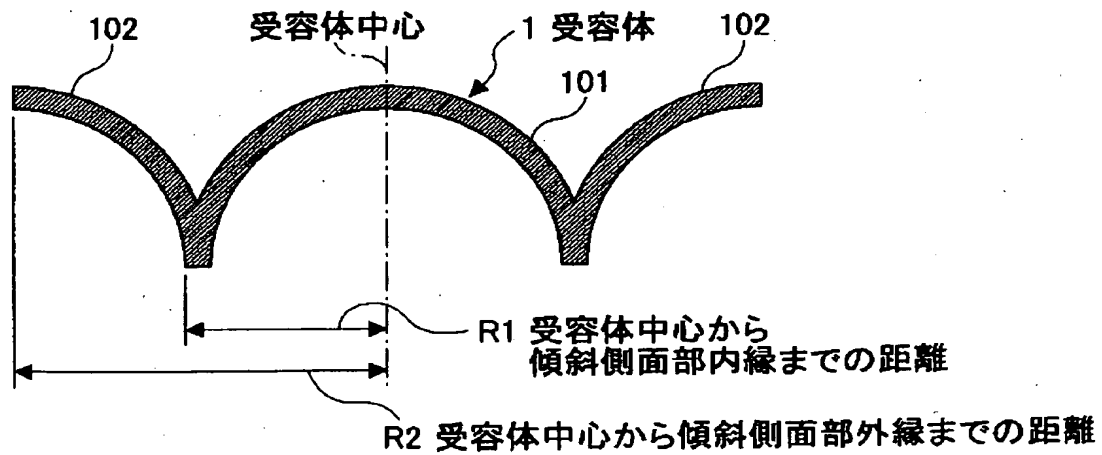
[図10B]



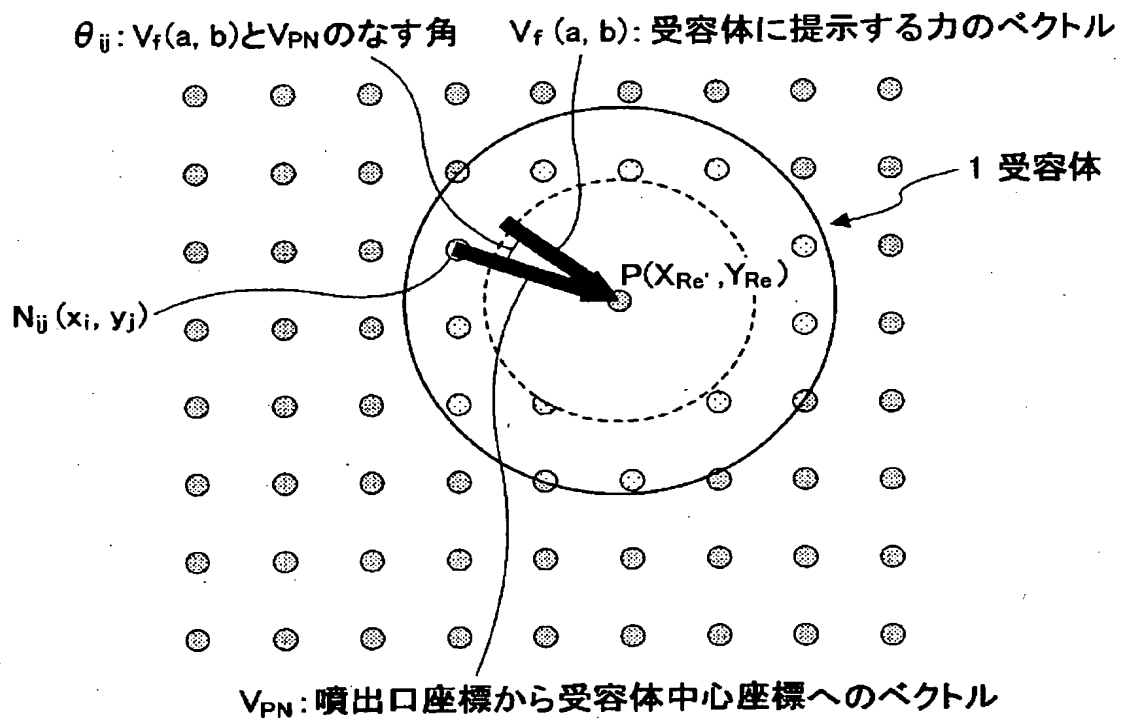
[図11]



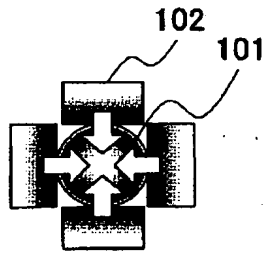
[図12]



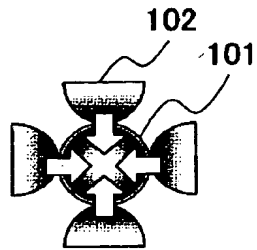
[図13]



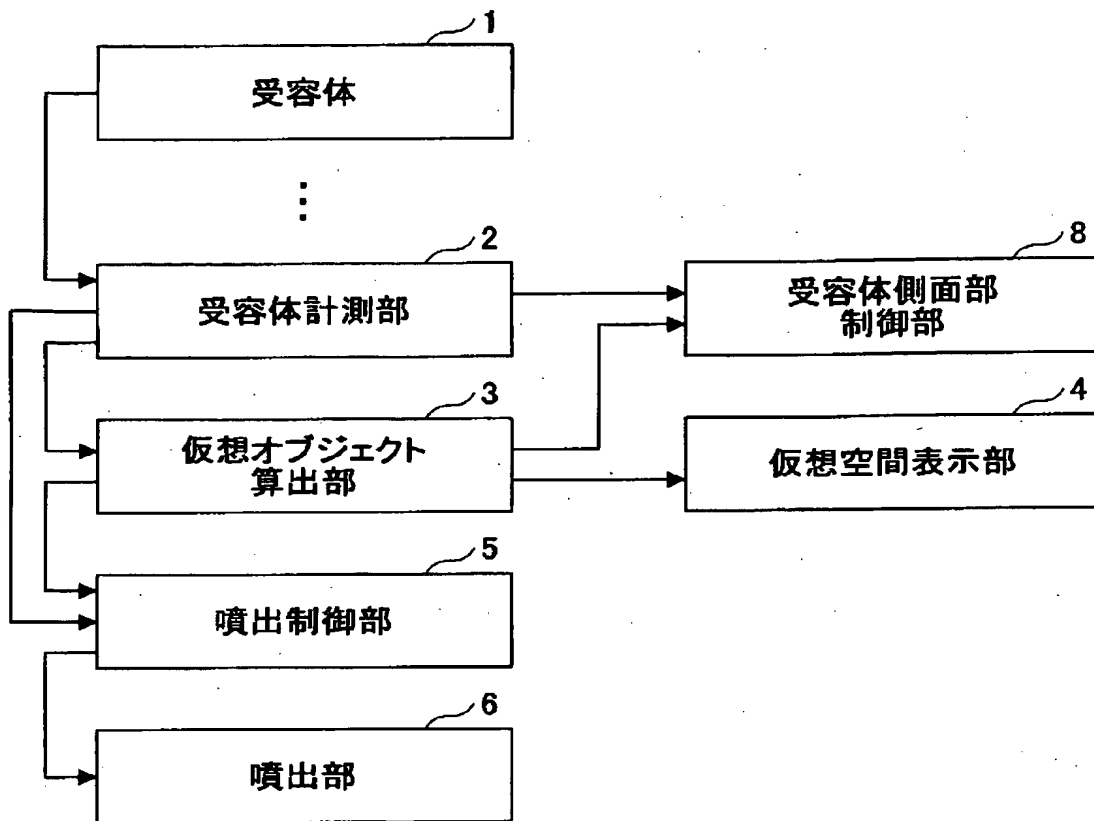
[図14A]



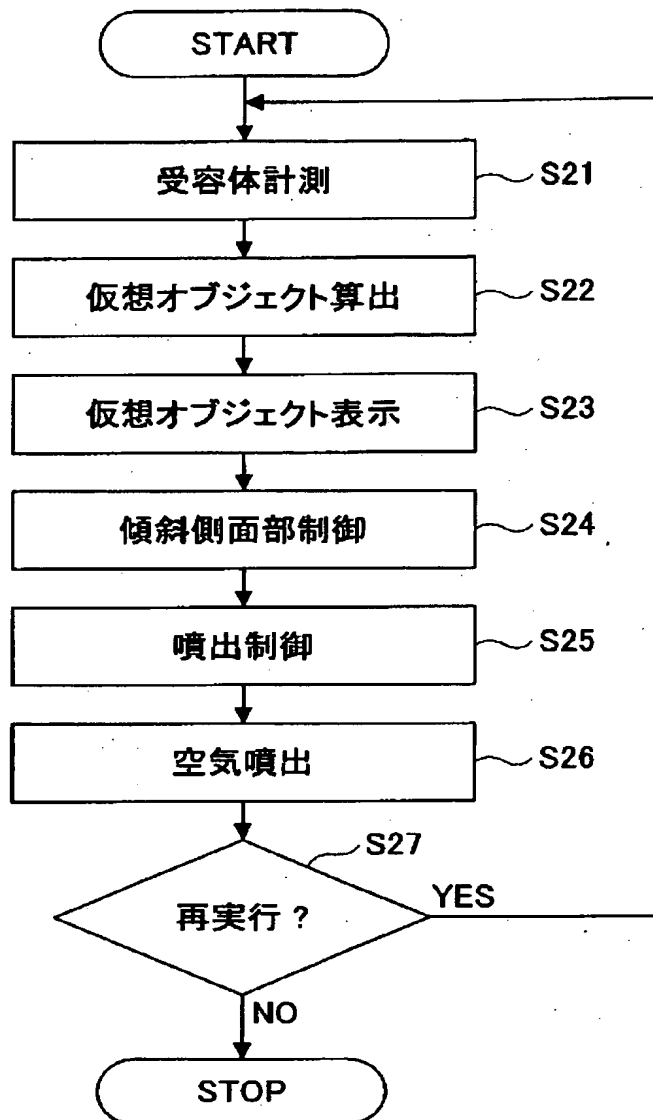
[図14B]



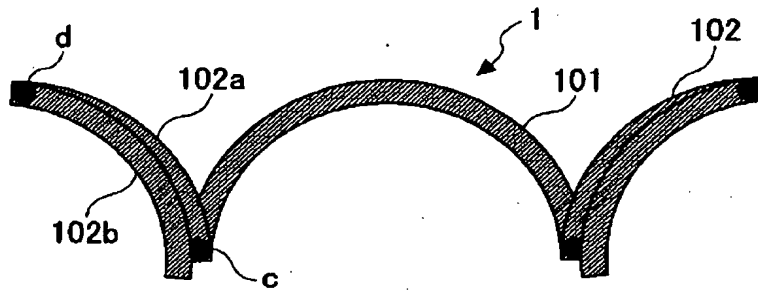
[図15]



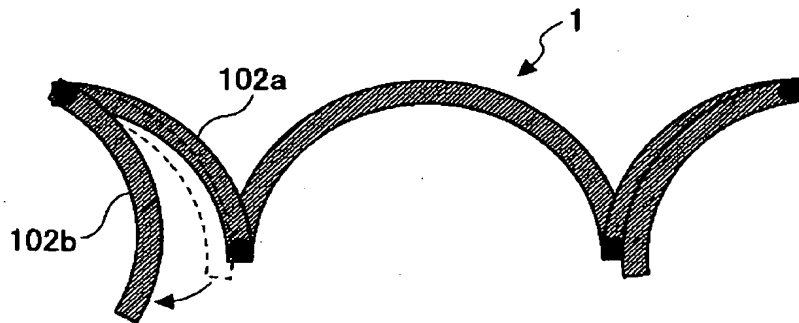
[図16]



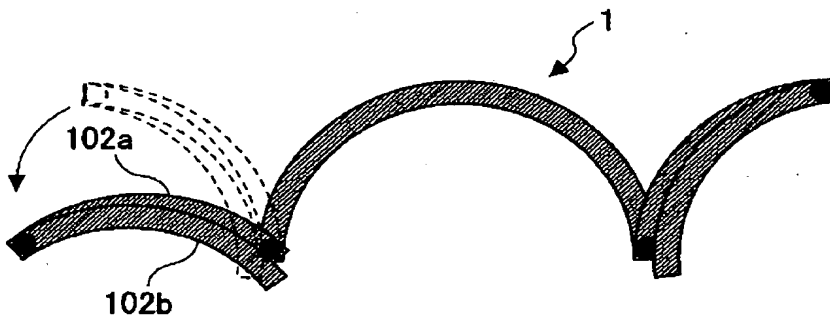
[図17A]



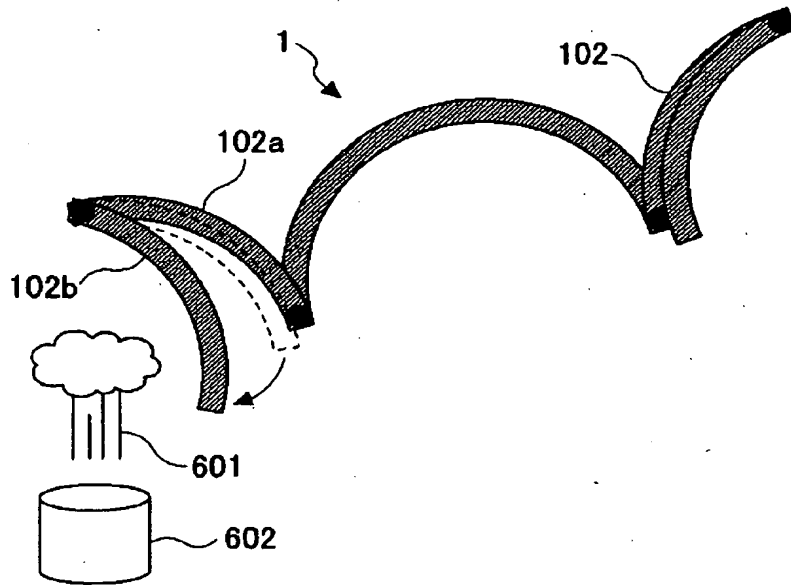
[図17B]



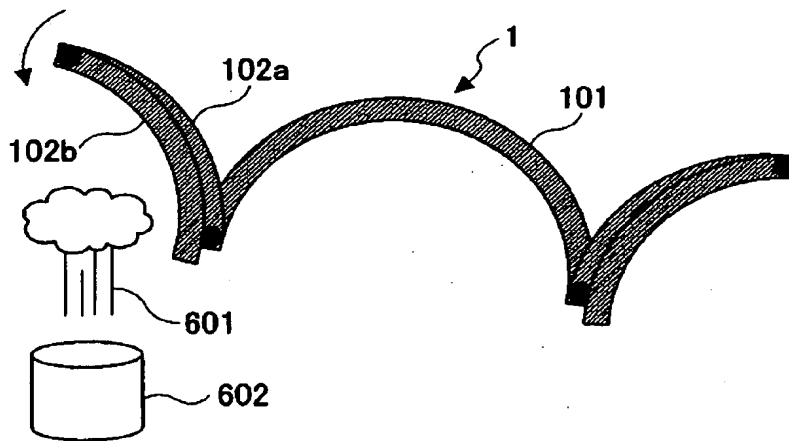
[図17C]



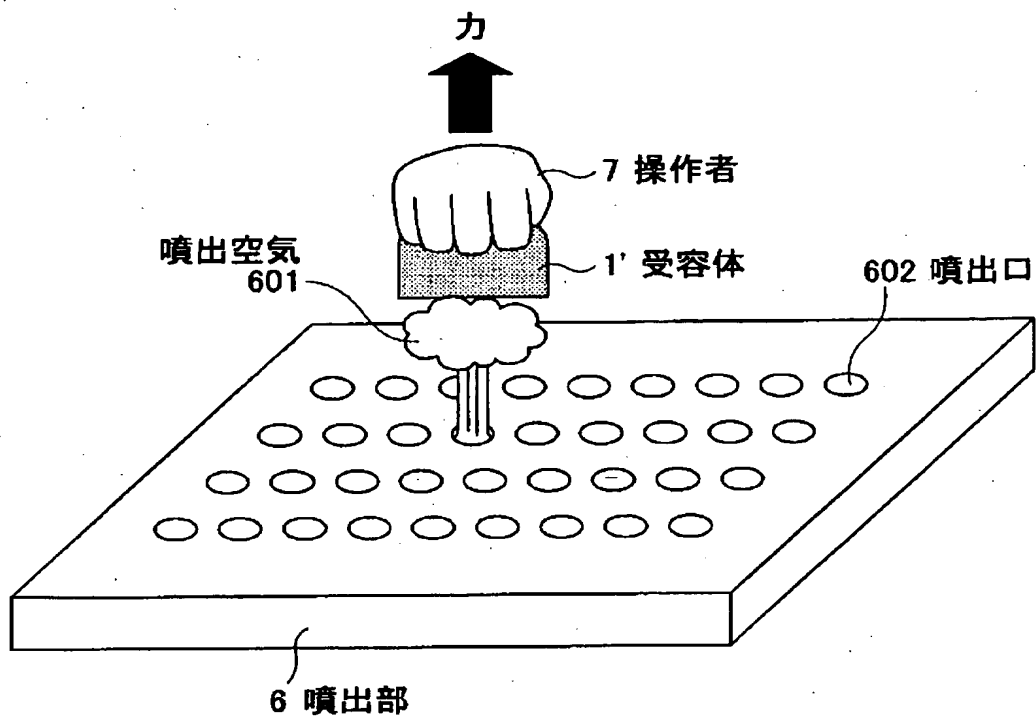
[図18A]



[図18B]



[図19]





## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/020026

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F3/01 (2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06F3/01-3/048, A63F13/00-13/06

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2006

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2006 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2006

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2001-22499 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 26 January, 2001 (26.01.01), Claims; Par. Nos. [0012], [0081] to [0083]; Figs. 1, 9 (Family: none)	1-3, 5-7, 9-11
X	Yuriko SUZUKI, Minoru KOBAYASHI, Satoshi ISHIBASHI, "Mukosoku na Interface o Mezashita Fuatsu ni yoru Rikikaku Teiji Hoshiki", Transactions of Information Processing Society of Japan, Vol.43, No.12, 15 December, 2002 (15.12.02), pages 3643 to 3652	1, 3-5, 7-9, 11, 12

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
19 January, 2006 (19.01.06)Date of mailing of the international search report  
31 January, 2006 (31.01.06)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/020026

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	JP 2005-4580 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 06 January, 2005 (06.01.05), Par. Nos. [0022], [0048] to [0049]; Figs. 2, 4, 14 (Family: none)	1-12
A	JP 2004-157677 A (Nippon Telegraph And Telephone Corp.), 03 June, 2004 (03.06.04), Claims (Family: none)	1-12
A	JP 7-281818 A (Canon Inc.), 27 October, 1995 (27.10.95), Par. No. [0007] (Family: none)	1-12

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G06F3/01(2006.01)

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G06F3/01-3/048, A63F13/00-13/06

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2006年
日本国実用新案登録公報	1996-2006年
日本国登録実用新案公報	1994-2006年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 2001-22499 A (日本電信電話株式会社) 2001.01.26, 特許請求の範囲, 段落【0012】, 段落【0081】 - 【0083】, 第1図, 第9図 (ファミリーなし)	1-3, 5-7, 9-11
X	鈴木由里子, 小林稔, 石橋聡, 無拘束なインタフェースを目指した風圧による力覚提示方式, 情報処理学会論文誌, Vol.43 No.12, 2002.12.15, P.3643-3652	1, 3-5, 7-9, 11, 12

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリ

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願E前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

19.01.2006

国際調査報告の発送日

31.01.2006

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

久保田 昌晴

電話番号 03-3581-1101 内線 3521

5E

4230

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
P, X	JP 2005-4580 A (日本電信電話株式会社) 2005. 01. 06, 段落【0022】, 段落【0048】 - 【0049】, 第 2 図, 第 4 図, 第 14 図 (ファミリーなし)	1-12
A	JP 2004-157677 A (日本電信電話株式会社) 2004. 06. 03, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	1-12
A	JP 7-281818 A (キヤノン株式会社) 1995. 10. 27, 段落【0007】 (ファミリーなし)	1-12